

## CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DE ESTRUTURAS MIGMATÍTICAS NO COMPLEXO BRASILEIRO\*

RUI RIBEIRO FRANCO

(Da Universidade de São Paulo)

### ABSTRACT

It is the purpose of this paper to present briefly the results of a study of the genetic relations of the migmatite structures of the area named Praia do Tombo, ilha Santo Amaro, State of São Paulo, Brazil. The migmatites in the area in question present the following petrographic features: the old rock, a biotite-hornblende gneiss, was intruded by granitic material whose main constituent is microcline. The illustrations give an idea of forming process. Pegmatite dikes cutting through the migmatite rock has provoked the formation of a characteristic greisenizing zone by a process of metasomatic alteration.

### INTRODUÇÃO

O estudo das rochas de origem “ultrametamórfica”, isto é, das rochas comumente denominadas *venitos*, *arteritos*, *migmatitos*, *palingenitos* e *diapiritos*, Fenner (1914), Sederholm (1926), Stark (1935) Barth (1936), Guimarães (1937), Turner (1942), Turner e Verhoogen (1951, pp. 285, 297), Ramberg (1952) e outros, tem sido objeto de nossa cogitação, principalmente pela importância que elas representam para o conhecimento do embasamento arqueano do Brasil. Reconhecemos, evidentemente, que a nossa contribuição ao conhecimento deste embasamento é limitada, tal é o grau de complexidade mineralógica, química e estrutural apresentada pelas rochas em questão. A nosso ver somente uma equipe constituída de especialistas poderá dizer a última palavra sobre o assunto, principalmente quando se tratar de tirar conclusões mais amplas que abordem problemas de gênese global e tectonismo.

Exemplo característico do que acima foi dito verifica-se na bem conhecida serra do Mar, onde ocorrem, praticamente, toda sorte de *ultra-*

---

(\*) Trabalho realizado com auxílio do C.N.Pq.

*metamorfitos*. Assim, gnaisses venulados dêste complexo rochoso, frequentes em numerosos trechos da via Dutra (estrada de rodagem que liga as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro) e pedreiras esparsas no planalto e litoral de São Paulo, não puderam até o presente ser totalmente diferenciados entre *venitos* e *arteritos* pois difícilíssima é a verificação da origem do material das veias e vênulas, isto é, se derivado da própria rocha, por exudação, ou se injetado a partir de um magma. Para muitos gnaisses fitados e lamelares por nós estudados ao longo de cortes da referida via é perfeitamente aconselhável o uso da expressão *flebito*, pois é quase impossível fazer-se qualquer distinção entre material segregado ou injetado. Problemas relativos à determinação do *metassoma* e *paleossoma*, respectivamente as partes mais recentes e mais antigas de uma área migmatizada ou assimilada, principalmente quando se trata de faixas pegmatitizadas, nem sempre tiveram solução. Se pudemos, em muitos casos, recorrer à hipótese da diferenciação metamórfica, Eskola (1932), para explicar a formação de gnaisses fitados e lamelares do litoral de São Paulo, em outros pareceu-nos aconselhável admitir fenômenos de injeção como fatores fundamentais de sua gênese, tal é o caso dos gnaisses de injeção das proximidades da ilha Porchat, na bahia de Santos. Há casos, referimo-nos a alguns gnaisses oclares e facoidais, onde parece não haver a menor dúvida de que êstes se originaram pelo crescimento de porfiroblastos de feldspato (principalmente microclínio) em biotita xistos. Corpos pegmatíticos, muitas vezes concrecionários e constituídos predominantemente de quartzo, microclínio, albita e mica mostram-se rodeados de biotita e hornblenda, que formam verdadeiras molduras ao longo de todo o contacto do pegmatito com o biotita gnaiss e o biotita granito. O crescimento de tais pegmatitos provoca a concentração da biotita nos seus bordos, deixando as suas partes centrais sem êsse mineral fêmico.

Remanescentes de biotita xistos e biotita-hornblenda gnaisses de várias dimensões e forma no interior de alguns corpos pegmatíticos fortalecem a hipótese da existência de processos de substituição, migração e granitização. Pegmatitos quartzo-feldspáticos que cortam discordantemente biotita-hornblenda gnaisses da ilha Porchat (litoral de São Paulo) evidenciam nítido processo de substituição sem dilatação do gnaiss. Tal verificação é fácil por que as camadas gnaissicas dos dois lados dos diques pegmatíticos mostram perfeita continuidade. Pegmatitos de estrutura

estrangulada (*pinch and swell structure*) em gnaisses localizados na região de Santos e ao longo da via Dutra (E. do Rio de Janeiro) são bons indícios de que êstes pegmatitos se originaram por crescimento em rocha cristalina já formada, por que material magmático intrusivo não poderia produzir tais estruturas, Fig. 1, Ramberg (1952, p. 256).

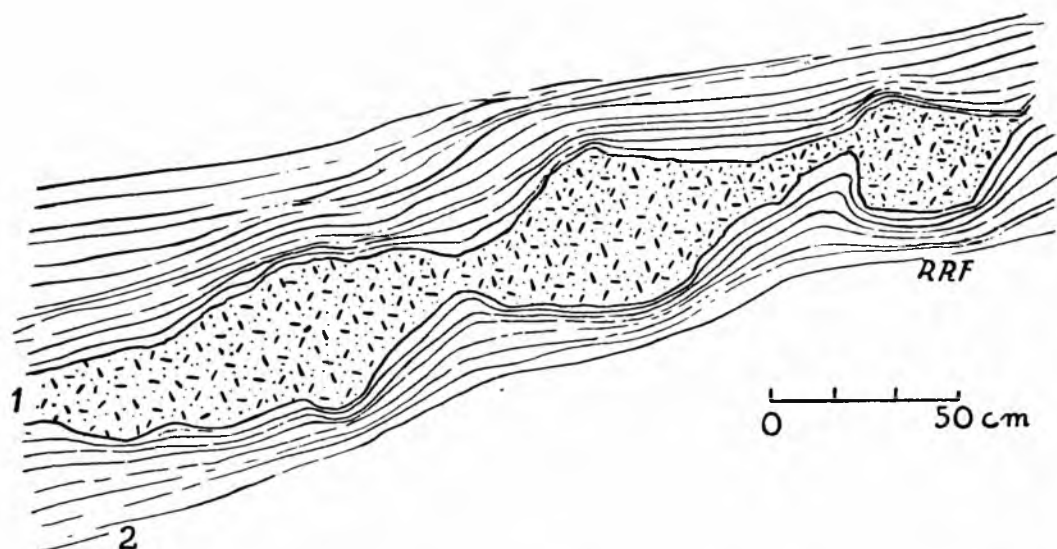


Figura 1 — Gnaiss de estrutura estrangulada (*pinch and swell structure*), via Dutra, Estado do Rio. 1. Microclínio, quartzo e muscovita; 2. Biotita gnaiss

Maiores complicações surgem nas regiões onde ocorrem anfibolitos. Aqui não só existem as já conhecidas dificuldades da determinação de sua origem, como também a dificuldade de estabelecer as corretas relações dos fenômenos de injeção quartzo-feldspato que ocorrem nelas. Referimo-nos, especialmente, ao caso das rochas epidoto anfibolíticas de Guarulhos, SP, objeto de outro estudo que estamos ultimando.

O presente trabalho visa contribuir alguns dados para o esclarecimento de certas estruturas migmatíticas em rochas do litoral da ilha de Santo Amaro, Praia do Tombo, Fig. 2, no Estado de São Paulo.

Foram estudadas duas pedreiras de "Pedreira Santo Amaro Ltda", de propriedade do sr. Manoel Corrêa da Fonseca e trabalhadas desde julho de 1946. Situam-se nas proximidades da cidade de Guarujá e distam uma da outra cerca de 250m.

Não levaremos em consideração questões de tectonismo. Nossas observações limitaram-se aos fenômenos estritamente ligados à migmatização.

## Exame macroscópico

Os planos principais de diaclasamento dirigem-se para N65E e dividem a rocha das pedreiras em blocos tabulares verticais, seccionados algumas vezes pelas diaclases secundárias. Atravessando o corpo da pedreira, em direções que cruzam a diaclase principal, ocorrem veias pegmatíticas de espessuras variadas, contituidas predominantemente de feldspato róseo, albita e quartzo e disseminações de pirita, calcopirita, magnetita, mica e molibdenita. Os cristais de quartzo e feldspato atingem nestes pegmatitos dimensões de até 15cm. Diques e veias de textura aplítica, sacaróide e de coloração róseo-avermelhada são comuns.

No seio da massa principal da rocha das pedreiras — um granito com grandes cristais de feldspato róseo, quartzo e biotita, em certos pontos exibindo textura não orientada e em outros nitidamente orientado — distribuem-se massas escuras, de formas diversas e dimensões que

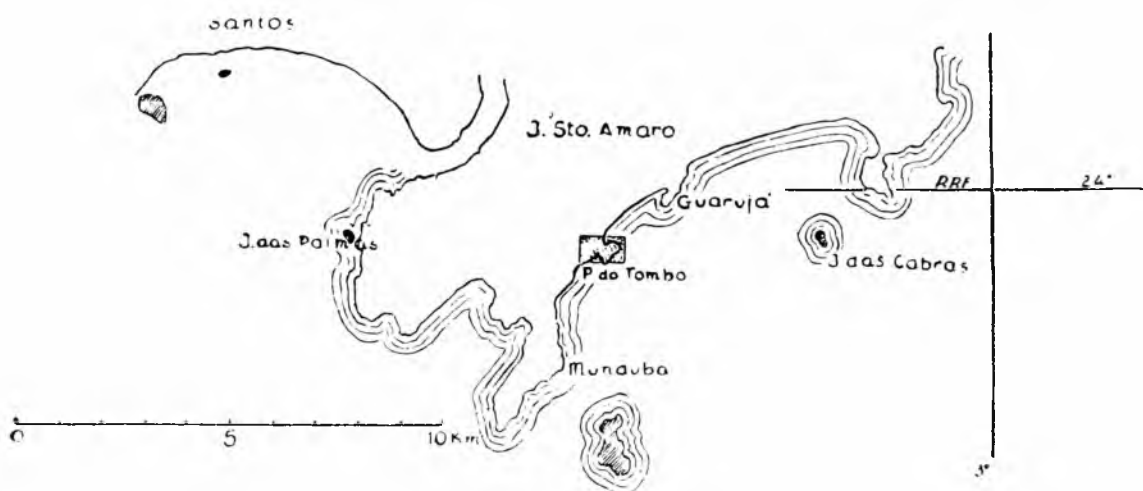


Figura 2

variam de alguns centímetros a muitos metros de comprimento e largura, Figs. 3, 4 e 5. Estas exibem colorações que vão do cinza claro ao preto. Sua direção na massa do granito porfiróide é aproximadamente N60W. Apresentam textura de rocha metamórfica, ora xistosa, ora gnaíssica, a biotita sendo o seu componente mais em evidência. Não fôsse a textura xistosa apresentada por êstes xenólitos e considerando-se somente os inteiramente isolados no granito, poder-se-ia pensar que êles fossem segregações de biotita formadas diretamente do magma granítico no início de sua consolidação. São muitas vezes cortadas por veias cla-

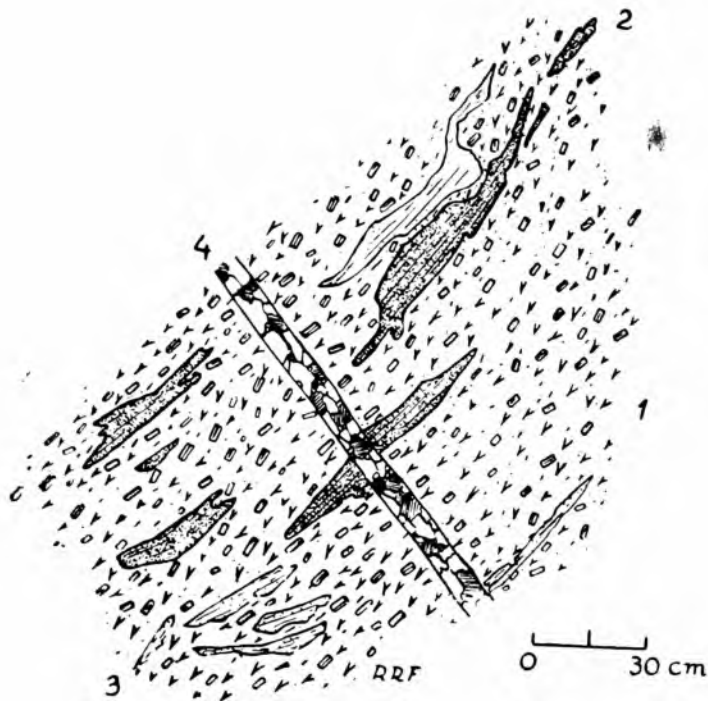
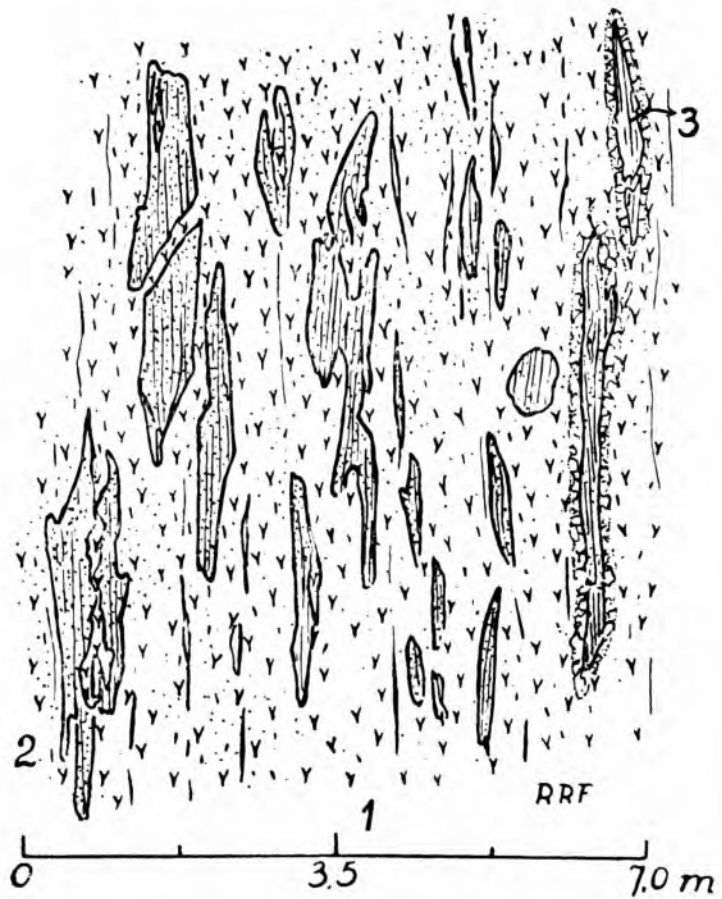


Fig. 3 — Trecho da rocha migmatítica.

- 1 — granito fluidal
- 2 — biotita-hornblenda gnaiss
- 3 — biotita-hornblenda gnaiss rico de microclínio
- 4 — dique pegmatítico constituído de quartzo, feldspato róseo e mica

Fig. 4 — Trecho da rocha migmatítica.

- 1 — Granito
- 2 — Biotita-hornblenda gnaiss
- 3 — Restos do biotita-hornblenda gnaiss microclínizado e com aureólas ricas de feldspato



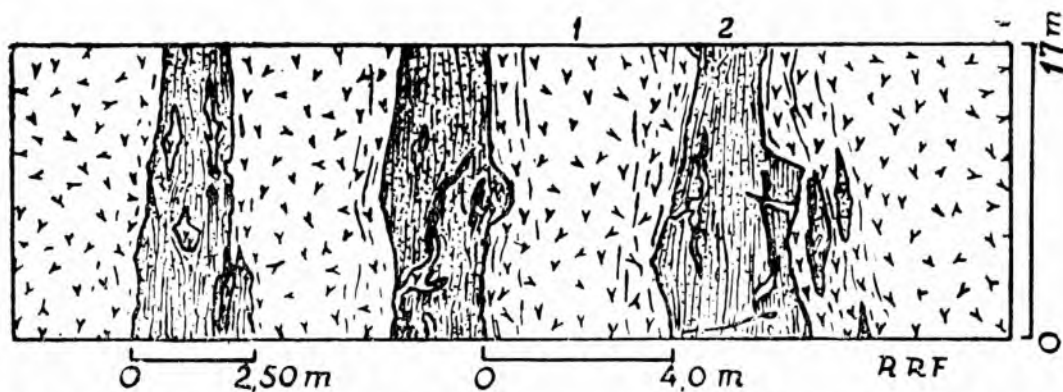


Fig. 5 — Secção principal da pedra. 1 — granito. 2 — Biotita-horblenda gnaiss.

ras (quartzo-feldspato) Algumas massas acham-se circundadas por auréolas mais claras. No interior das massas escuras, principalmente ao longo dos planos de menor resistência, são comuns bem desenvolvidos cristais de pirita, calcopirita, esfero e quartzo. Este último, não raro, apresenta-se sob a forma de cristais lenticulares.

Verifica-se ,ainda macroscòpicamente, em certas regiões do granito, nítida textura orientada, na qual os cristais de feldspato róseo se distribuem com seus planos de geminação (plano 100, lei de Carlsbad) na direção de menor resistência do material escuro, isto é, coincidindo com a direção de gnaissificação.

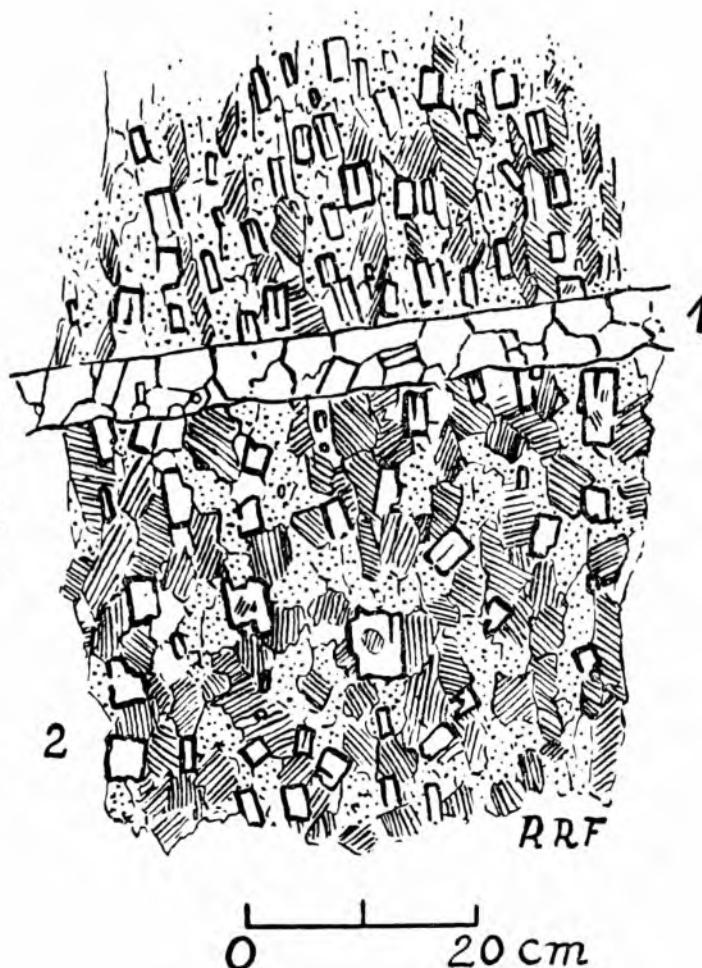
Exame atento ao longo do contacto entre o granito e as veias ou diques de pegmatito revela que o primeiro sofreu modificação não só em sua textura mas também em sua composição mineralógica, pois nota-se evidente enriquecimento do granito em muscovita. Outro fato para o qual tivemos nossa atenção voltada foi para a maior modificação sofrida pelo granito na parte inferior da veia. A formação de mica a partir da veia é mais intensa ao longo dos planos de menor resistência do granito, Fig. 6. A transformação é visivelmente restrita pois a distância máxima medida a partir dos diques pegmatíticos não ultrapassou 35cm. Na faixa de alteração o granito passa a um graisen característico com os feldspatos parcial ou totalmente substituídos por mica e calcita.

#### Exame microscópico

O exame microscópico de numerosas amostras selecionadas das áreas mais representativas das pedreiras confirmou nossas primeiras idéias.

Trata-se, sem dúvida, de rochas migmatizadas, pois é fácil reconhecer mistura de rochas, sendo o granito um dos componentes, isto é, o metassoma.

Fig. 6 — Dique pegmatítico (1) constituído de quartzo, feldspato potássico e muscovita, em contacto com o granito transformado em gnaiss (2). Pela figura reconhecem-se cristais idiomorfos de microclínio orientados, muscovita e quartzo.



Biotita-hornblenda gnaiss

As massas escuras, englobadas pelo granito, exibem textura gnaíssica, Fig. 7 Uma dessas massas, a que julgamos menos atingida pela manifestação granítica que aí se estabeleceu, e que apresentava coloração praticamente preta, tinha a seguinte composição mineralógica:

Plagioclásio (oligoclásio-andesina)	44.0
Quartzo	26.0
Biotita	13.0
Hornblenda	7.0
Esfeno	5.0
Apatita, Epídoto, Magnetita, Clorita, Zircão, Ortoclásio	5.0



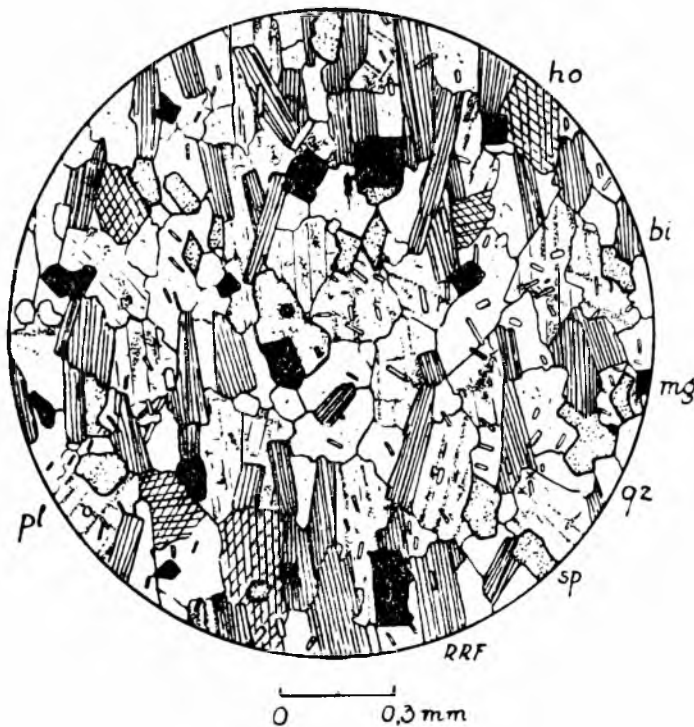


Fig. 7 — Biotita-hornblenda gnaíse não influenciado pelo fluxo granitizante. Notar os minerais seguintes: sp = esfero; qz = quartzo; mg = magnetita; bi = biotita; ho = hornblenda; pl = plagioclásio. Agulhas e prismas de apatita são visíveis por toda a extensão da lâmina.

A textura é granoblástica passando em alguns pontos a lepidoblástica xistosa. Os restos do biotita-hornblenda gnaíse atingidos e infiltrados pelo material granítico tornam-se bem mais claros, passando de preto para cinza, até cinza bem claro. Lâminas delgadas desse material põem

Fig. 8 — Biotita-hornblenda gnaíse injetado (vênua) de material quartzo-feldspato-potássico. É fácil verificar na veia qz = quartzo e mi = microclinio. À esquerda, no alto e embaixo à direita, pode-se reconhecer dois cristais de quartzo que incluem poiquilíticamente os minerais constituintes do gnaíse.

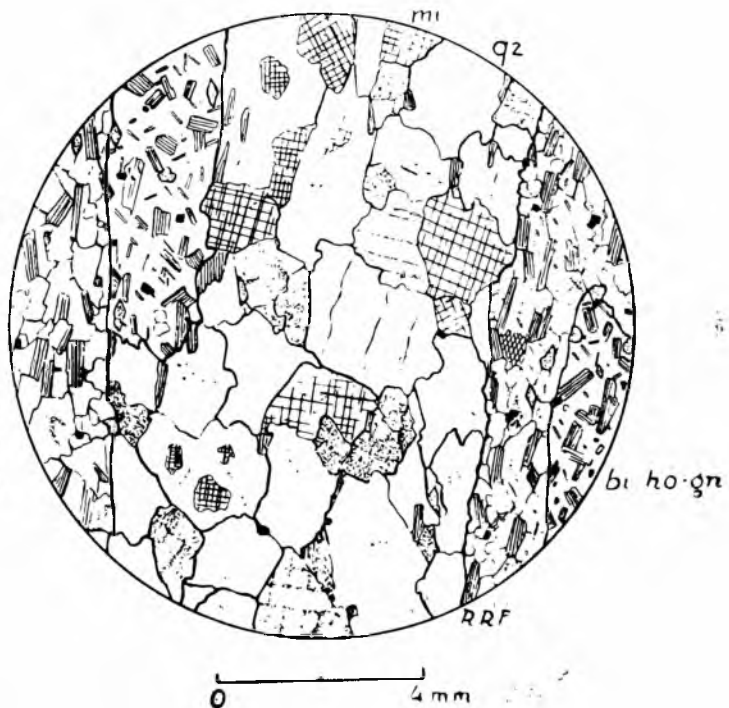






Fig. 9 — Esquema desenhado em camara clara representando o tipo de granito comum nas pedreiras. Verifica-se, pelos grandes cristais de microclínio, sua natureza porfiróide. Os cristais de microclínio atingem dimensões de até 10 cm de comprimento. Estes englobam plagioclásio normal, plagioclásio vermiculado, quartzo e mica. Notar: mi = microclínio; mg = magnetita; pl = plagioclásio; qz = quartzo e bi = biotita.

em evidência a intensa microclinização que aí teve lugar. O biotita-hornblenda gnaiss que praticamente não possui feldspato potássico enriquece-se de microclínio que invade, substitui e engloba o gnaiss, Fig. 8. Restos de quartzo, plagioclásio, biotita, hornblenda e esfero englobados no microclínio formado durante a infiltração do material granitizante dão-lhe característica textura poiquilítica. Desenvolvem-se texturas micropegmáticas e mirmequíticas nas áreas injetadas. Os principais elementos para a identificação do que fora antes o gnaiss (referimo-nos às áreas intensamente injetadas) são o esfero (=titanita) e os cristais de microclínio que englobam os restos dos minerais do gnaiss. Em tais casos paleossoma e metassoma se intermisturam tão intimamente a ponto de formar um granito de granulação fina a média, perfeitamente homogêneo e uniforme, ao mesmo tempo rico de microclínio, quartzo, plagioclásio, biotita, hornblenda e esfero, Fig. 9. O quartzo, que não raramente substitui plagioclásios inalterados e saussuritizados e biotita, é por sua vez substituído por microclínio e feldspato pertítico.

### CONCLUSÕES

Embora reconheçamos, pelas evidências de campo e análises petrográficas a existência de numerosas e extensas áreas migmatíticas em rochas pré-cambrianas do complexo cristalino brasileiro, julgamos oportuno

tuno e prudente deixar aberta a questão de sua origem. Dizer que os migmatitos agora estudados tenham se originado exclusivamente por ação de fluxos viscosos de natureza granítica que penetraram o hornblenda-biotita gnaiss seria, provavelmente, incorrer em erro. É bem possível que simultaneamente ao processo de injeção tenham ocorrido fenômenos de refusão, recristalização e substituição. Intercrescimentos gráficos e mirmequíticos, efeitos cataclásticos e textura cristaloblásticas, contactos irregulares, bordos corroidos, minerais alterados invadidos por outros inalterados falam em favor de fenômenos deuteríticos e de substituição.

A nosso ver a sequência de fenômenos teria sido a seguinte:

a) Fluxo de material granítico penetrou hornblenda-biotita gnaiss (é bem possível que este último tivesse sido anteriormente hornblenda-biotita xisto) de origem duvidosa, isto é, se magmática ou sedimentar.

b) Intrusão do hornblenda-biotita gnaiss mais o fluxo granítico por magmas viscosos que formariam massas graníticas não contaminadas pelo material do gnaiss.

c) Formação dos diques de pegmatito que cortam o granito e o hornblenda-biotita anteriormente injetado. Formação das faixas gnaissificadas.

#### BIBLIOGRAFIA

- BARTH, T F W (1936), *Structural and Petrologic studies in Dutchess County*, New York: Geol. Soc. America Bull., vol. 47, pp. 803-806, 825-832.
- ESKOLA, P (1932), *On the Principles of Metamorphic Differentiation*: Comm. Geol. Filand Bull. n.º 97, pp. 68-77
- FENNER, C. N (1914), *The Mode and Formation of Certain Gneisses in the Highlands of New Jersey*: Jour. Geology, vol. 22, p. 701.
- GOLDSCHMIDT, V M. (1922), *On the metasomatic processes in silicate rocks*: Economic Geology, vol. XVII, pp. 105-123.
- GUIMARÃES, D. (1937), *Contribuição à Metallogênese do Massiço Brasileiro*: Dep. Nac. Prod. Mineral, Bol. 16, pp. 1-86.
- RAMBERG, H. (1952), *The origin of Metamorphic and Metasomatic Rocks*: The University Chicago Press, Chicago U.S.A., pp. 237-270.

- SEDERHOLM, J J (1926), *On Migmatites and Associated Pre-Cambrian Rocks of South-Western Finland*: Comm. Geol. Finland Bull. n.º 77, pp. 1-143.
- STARK, J T (1935), *Migmatites of the Sawatch Range, Colorado*: Jour. Geology, vol. 43, pp. 1-26.
- TURNER, F J (1948), *Mineralogical and Structure evolution of the metamorphic rocks*: Mem, Geol. Soc. Am., 30.
- TURNER, F J and VERHOOGEN, J. (1951), *Igneous and Metamorphic Petrology*: McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto Londres.